

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1899

N°

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le jeudi 26 octobre 1899 à 1 heure

Par PIERRE LESAGE

Né à Trans (Ille-et-Vilaine) le 27 août 1858
Licencié ès-sciences physiques, licencié ès-sciences naturelles,
Docteur ès-sciences naturelles
Maître de conférences à la Faculté des sciences de Rennes.

DE LA POSSIBILITÉ DE QUELQUES MYCOSES

DANS

LA CAVITÉ RESPIRATOIRE

Basée sur l'hygrométrie de cette cavité

Président : M. GARIEL, professeur.

Juges : { MM. DEBOVE, professeur.
ACHARD et BROCA (André), agrégés.

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les différentes parties de l'enseignement médical.

PARIS

JOUVE ET BOYER

IMPRIMEURS DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

15, rue Racine, 15

1899

23

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1899

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le jeudi 26 octobre 1899 à 1 heure

Par PIERRE LESAGE

Né à Trans (Ille-et-Vilaine) le 27 août 1858

Licencié ès-sciences physiques, licencié ès-sciences naturelles,

Docteur ès-sciences naturelles

Maître de conférences à la Faculté des sciences de Rennes.

DE LA POSSIBILITÉ DE QUELQUES MYCOSES

DANS

LA CAVITÉ RESPIRATOIRE

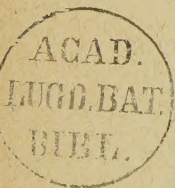
Basée sur l'hygrométrie de cette cavité

Président : M. GARIEL, *professeur*.

Juges : { MM. DEBOVE, *professeur*.

ACHARD et BROCA (André), *agrégés*.

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.



PARIS

JOUBE ET BOYER

IMPRIMEURS DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

15, rue Racine, 15

1899

FACULTE DE MÉDECINE DE PARIS

Professeurs		M. BROUARDEL
Anatomie		MM.
Physiologie		FARABEUF.
Physique médicale		CH. RICHET.
Chimie organique et chimie minérale		GARIEL.
Histoire naturelle médicale		GAUTIER.
Pathologie et thérapeutique générales		BLANCHARD.
Patologie médicale		BOUCHARD.
Patologie chirurgicale		DEBOVE.
Anatomie pathologique		HUTINEL.
Histologie		LANNELONGUE
Operations et appareils		CORNIL.
Matière médicale et pharmacologie		MATHIAS DUVAL
Thérapeutique		TERRIER.
Hygiène		POUCHET.
Médecine légale		LANDOUZY
Histoire de la médecine et de la chirurgie		PROUST.
Pathologie expérimentale et comparée		BROUARDEL.
		N.....
		CHANTEMESSE
Clinique médicale		POTAIN.
		JACCOUD.
		HAYEM.
		DIEULAFOY
		GRANCHER.
Maladie des enfants		JOFFROY.
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale		FOURNIER.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques		RAYMOND.
Clinique des maladies du système nerveux		BERGER.
Clinique chirurgicale		DUPLAY.
		LE DENTU
Clinique ophthalmologique		TILLAX.
Clinique des maladies des voies urinaires		PANAS.
Clinique d'accouchements		GUYON.
		BUDIN.
		PINARD.
Agrégés en exercice.		
MM.		
ACHARD	DESGREZ	LEJARS
ALBARRAN	DUPRÉ	LEPAGE
ANDRE	FAURE	MARFAN
BONNAIRE	GAUCHER	MAUCLAIRE
BROCA (AUG.)	GILLES DE LA	MENETRIER
BROCA (ANDRÉ)	TOURETTE	MERY
CHARRIN	HARTMANN	ROGER
CHASSEVANT	LANGLOIS	SEBILEAU
DELBET	LAUNOIS	TEISSIER
	LEGUEU	THIERY
		THIROLOIX
		THOINOT
		VAQUEZ
		VARNIER
		WALLICH
		WALTHER
		WIDAL
		WURTZ

Chef des Travaux anatomiques : M. RIEFFEL.

Par délibération en date du 9 décembre 1793, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MONSIEUR LIARD

Directeur de l'Enseignement supérieur.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR GARIEL

MON PRÉSIDENT DE THÈSE.

Hommage respectueux.

DE LA POSSIBILITÉ DE QUELQUES MYCOSES

Dans la

CAVITÉ RESPIRATOIRE

BASÉE SUR L'HYGROMÉTRIE DE CETTE CAVITÉ

I

INTRODUCTION

Depuis quelque temps j'emploie les spores de certains champignons comme cellules vivantes, isolées, à l'étude de ce que j'appellerai la physique de la cellule.

J'ai plus particulièrement utilisé les spores du *Penicillium glaucum* et leur germination ; je dois ajouter que je me suis servi bien souvent aussi de celles du *Sterigmatocystis nigra* comme moyen de vérification en tenant compte des différences de détail qui se présentent d'une espèce à l'autre.

En ce qui concerne le *Penicillium glaucum*, parmi les

résultats obtenus, voici ceux qui peuvent nous intéresser en ce moment.

Les conditions extérieures nécessaires à la germination des spores de ce champignon sont la chaleur, l'oxygène et l'eau : quand on leur fournit ces trois conditions, elles germent ; quand l'une d'elles manque ou n'est pas donnée convenablement, elles ne germent pas ; il y a donc une question de quantité.

Chaleur. — D'après Wiesner (1), les températures critiques de germination sont :

Limite inférieure.	1°5 C
Optimum	22°
Limite supérieure	42-43°

C'est-à-dire que la germination ne se fait pas au-dessous de 1°5 et la vitesse de germination augmente continuellement de 1°5 jusqu'à 22° ; à partir de là, elle diminue jusqu'à 42-43° et, au-dessus de 43°, la germination ne se produit plus.

Je me contenterai de ces données.

Oxygène. — Il faut de l'oxygène pour que ces spores germent. En effet, j'ai montré que, après avoir placé des spores dans l'atmosphère d'un eudiomètre où j'avais ensuite introduit plus d'hydrogène qu'il n'en fallait pour se combiner avec tout l'oxygène et fait passer l'étincelle électrique à plusieurs reprises, elles n'ont pas germé. Cependant elles avaient conservé leur faculté germinative

1. Wiesner. *Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung des Penicillium glaucum* (Sitzungsb. der kais. Ak. der Wis. Wien, 1873).

puisque, après six semaines, l'introduction de quelques centimètres cubes d'air a provoqué leur germination. Cette expérience montre qu'il faut de l'oxygène, mais qu'il suffit aussi d'une faible pression d'oxygène, ce que j'ai démontré d'ailleurs par d'autres expériences. J'ai constaté, en outre, que les spores germent dans l'oxygène pur recueilli autour de l'électrode positive dans le voltamètre, mais moins rapidement que dans l'air ; il en est de même aux faibles pressions d'oxygène. Il y a donc un optimum de pression, je ne l'ai pas recherché.

Humidité. — A en croire les expériences de Wiesner, celles d'Hoffmann (1) et celles que j'ai faites jusqu'à ces derniers temps, les spores du *Penicillium glaucum* germeraient mieux dans l'air suffisamment humide que sur ou dans l'eau.

En faisant des cultures dans l'atmosphère située au-dessus de solutions de sel marin de plus en plus concentrées et contenues dans des flacons hermétiquement fermés, j'ai vu que la germination se fait de moins en moins vite à mesure que la concentration augmente et qu'il est une concentration limite au-dessus de laquelle elle ne se produit plus. Or, au-dessus des solutions salines, la tension de la vapeur d'eau est plus faible qu'au-dessus de l'eau pure et diminue quand la concentration augmente, ce qui fait dire que l'air n'y est jamais complètement saturé et que l'état hygrométrique diminue quand la concentration augmente à la même température ; en outre,

1. Voir Wiesner, *loc. cit.* et Hoffmann : *Untersuchungen über die Keimung der Pilzsporen* (Pringsheim's Jahrb., 1860).

dans le cas particulier des solutions de NaCl, l'état hygrométrique reste constant pour une même concentration, quelle que soit la température.

Ce que je viens de dire précédemment peut donc se traduire de la manière suivante : la germination des spores se fait de moins en moins vite à mesure que l'état hygrométrique diminue et il est un état hygrométrique limite au dessous duquel elle ne se produit plus. Cet état hygrométrique peut se tirer des formules de Wülner (1). Il est égal à

$$1 - na,$$

formule dans laquelle n est le nombre de grammes de NaCl dissous dans 100 grammes d'eau et a un facteur constant égal à 0,00601.

L'état hygrométrique limite ainsi calculé est compris entre 0,84 et 0,82.

La notion de la germination dépendant de l'état hygrométrique et celle d'un état hygrométrique limite contiennent implicitement cette autre notion intéressante que la germination dépend plus de l'état hygrométrique de l'air que de la quantité absolue de vapeur d'eau de cet air.

En effet, on peut avoir le même état hygrométrique avec des quantités de vapeur d'eau très différentes suivant la température et si cet état hygrométrique est au-dessus de la limite, les spores germent toujours, tandis que s'il est au-dessous, elles ne germent jamais, quelles que soient les quantités de vapeur d'eau.

1. Wülner. *Versuche über die Spannkraft des Wasserdampfes aus wässerigen Salzlösungen* (Ann. de Poggendorff, t. CIII, p. 529 et CV, p. 86).

J'ai encore fait ressortir cette notion d'une autre manière. J'ai placé des cultures dans des atmosphères où le poids de vapeur d'eau par unité de volume d'air restait constant, mais où la température n'était pas la même ; dans ces cas l'état hygrométrique était plus faible où la température se trouvait plus haute et inversement. La germination s'est produite dans certains cas et pas dans d'autres où parfois la température était cependant le plus favorable ; les spores ne germaient que quand l'état hygrométrique était au-dessus de la limite. elles ne germaient plus quand il était au-dessous, bien que la quantité de vapeur d'eau par unité de volume d'air fût la même partout (1).

En résumé, les spores de *Penicillium glaucum* bien conformées germent quand on leur fournit :

De l'oxygène, mais plus vite dans l'air ordinaire que dans l'oxygène pur ou que dans l'oxygène à une pression très faible ;

De la chaleur entre les limites de température 1°5 et 43° C, la vitesse de germination étant maxima à 22° ;

De l'humidité, la germination dans l'air suffisamment humide se faisant mieux que dans ou sur l'eau et dépendant, dans l'air humide, beaucoup plus de l'état hygrométrique que de la quantité absolue de vapeur d'eau ; il y a un état hygrométrique limite compris entre 0,84 et 0,82 au-dessous duquel cette germination ne se fait plus.

2. P. Lesage. *Rapports entre la germination des spores de champignons et l'humidité de l'air*. (Comptes rend. des séances de l'A.F.A.S. congrès de Nantes, 1898).

En rapprochant ces résultats de ce que l'on voit dans les livres de physiologie humaine au chapitre des phénomènes respiratoires, j'ai été frappé par une idée qu'il m'a paru intéressant d'étudier et de développer.

Par exemple, dans le livre de MM. Viault et Jolyet on lit (1) que l'air expiré sort du poumon saturé de vapeur d'eau à la température de 34°.

A première interprétation, cela veut dire que l'air expiré contient de la vapeur d'eau dont la tension est égale à la tension maxima correspondant à 34°, que, dans la cavité respiratoire, l'air courant, c'est-à-dire l'air expulsé dans l'expiration normale, renferme de la vapeur d'eau à cette tension. Or, la paroi de la cavité occupée par cet air courant a une température, qui abstraction faite de l'entrée nez et bouche, est voisine de la moyenne 37°,5 ; si l'on considère un point de cette paroi baigné par de l'air saturé à 34°, l'état hygrométrique de ce point est

$$\frac{\text{tens. max. de } 34^{\circ}}{\text{tens. max. de } 37^{\circ},5} = \frac{39,5}{47,95} = 0,823.$$

Par conséquent une spore de *Penicillium glaucum* placée en ce point et prenant sa température, ne germera pas parce que l'état hygrométrique 0,823 est à la limite ou au-dessous de la limite de germination.

Rapprochant encore tout cela de ces deux notions :

1° que les spores de *Penicillium glaucum*, qu'on trouve un peu partout, sont fréquemment inhalées avec les poussières dans la respiration normale ;

1. Viault et Jolyet. *Traité élémentaire de physiologie humaine*, 2^e édition, 1894, p. 441.

2° Que nous ne connaissons pas de mycoses attribuées avec certitude à ce champignon.

J'ai été amené à me demander si véritablement cette absence de mycoses ne tenait pas à l'impossibilité de germer dans laquelle se trouvaient ces spores parce que la cavité respiratoire leur fournissait un état hygrométrique trop bas, puisque, d'autre part, les autres conditions extérieures de germination sont remplies : la température 37°,5 étant comprise entre les températures limites et l'air courant renfermant beaucoup plus d'oxygène qu'il n'en faut pour permettre la germination.

Une réponse positive paraît vraisemblable.

A la réflexion, cependant, on trouve qu'il y a d'autres raisons pour expliquer cette absence de mycoses, en dehors des conditions extérieures nécessaires à la germination des spores du *Penicillium* et de l'état hygrométrique en particulier.

Par exemple, les spores ne pénètrent pas ou pénètrent peu profondément dans la cavité respiratoire ; quand elles pénètrent, elles sont expulsées par l'expectoration et la toux. Il est certain que ces considérations paraissent avoir de l'importance, arrêtons-nous un instant à les discuter.

Les spores pénètrent-elles dans la cavité respiratoire ?

Je le crois, les nombreux faits de pneumokoniose sont là pour nous prouver que des poussières sont inhalées ainsi que les spores de champignons qu'elles contiennent et que la pénétration se fait profondément dans ces cas.

Rappelons encore les observations que rapporte M.

Rénon de spores et de mycelium observés dans les crachats (1).

Les spores pénètrent donc souvent ; mais elles sont vite rejetées par l'expectoration et la toux et n'ont pas le temps de germer.

Ceci est probablement vrai dans bien des circonstances ; on inspire de la poussière avec les spores qui s'y trouvent et on les rejette avec les crachats qui sont salis par cette poussière, c'est d'observation courante. Mais il est encore des conditions souvent réalisées où l'on inhale de la poussière qui séjourne dans la cavité respiratoire un temps suffisamment long pour permettre aux spores de germer.

Que peut-il se passer dans ces conditions particulières ?

Y a-t-il germination, n'y a-t-il pas germination ?

S'il y a germination, pourquoi ne se constitue-t-il pas de mycose et, s'il s'en constitue, pourquoi ne les a-t-on pas signalées ?

S'il n'y a pas germination, quelle en est la cause ? Ne serait-ce pas uniquement, comme les notions hygrométriques indiquées tendent à le faire penser, parce que l'état hygrométrique est trop bas dans la cavité respiratoire ?

Autant de questions que je me suis posées et auxquelles j'ai cherché une réponse.

Pour cela j'ai d'abord étudié un cas théorique de la res-

1. Dr L. Renon. *Etude sur l'Aspergilliose chez les animaux et chez l'homme*, 1897.

piration normale, me proposant la recherche de la tension de la vapeur d'eau dans l'air de la cavité pour en tirer l'état hygrométrique d'un point quelconque de la paroi de cette cavité afin de voir si véritablement cet état hygrométrique peut passer par des valeurs inférieures à la limite de germination.

Le résultat a été que dans plusieurs cas l'état hygrométrique passe au voisinage et même au-dessous de la limite.

Alors j'ai cherché à mesurer directement cette tension. A cet effet, je me suis construit un hygromètre de forme nouvelle uniquement pour ces recherches ; cet hygromètre m'a donné des résultats qui confirment mes premières vues, comme nous le verrons dans ce mémoire.

Je présenterai d'abord l'étude théorique, puis l'étude expérimentale ; ensuite je discuterai les conclusions pour en tirer, s'il est possible, réponse aux questions posées.

Des spores ayant pénétré dans la cavité respiratoire, se déposant sur la paroi, y trouvent un certain état hygrométrique.

- 1° La germination est-elle possible ou impossible ?
- 2° Si elle est impossible, l'état hygrométrique peut-il en être uniquement la cause ?
- 3° Si elle est possible, peut-il se constituer des mycoses ?
- 4° S'il se constitue des mycoses, pourquoi ne les a-t-on pas signalées ?

II

ÉTUDE THÉORIQUE.

Examinons le cas théorique d'une respiration normale se faisant dans les conditions moyennes d'une capacité pulmonaire égale à 2500cc et d'un air courant égal à 500cc et supposons, pour fixer les idées :

D'une part, une cavité dont la paroi est à la température de 37°5, contenant 2500cc et d'un air à la même température, à la pression 760, saturé de vapeur d'eau et capable d'admettre, en s'agrandissant par le jeu des muscles inspireurs, une nouvelle quantité d'air ;

D'autre part, 500 cc. de l'air extérieur à la température t , contenant de la vapeur d'eau à la tension f , pénétrant, sous la pression 760 dans la cavité et prenant immédiatement la température de 37°5 ;

Considérant le mélange homogène, quant à la teneur en vapeur d'eau, dès le début, avant que la paroi cède de nouvelle vapeur d'eau, nous nous demandons quelle est, à ce moment, la tension de la vapeur d'eau de ce mélange ou mieux, quel est l'état hygrométrique d'un point de la paroi.

Il est égal à :

$$[1] \text{ E} = \frac{x}{47,95}$$

Rapport de la tension x de la vapeur d'eau du mélange à 47 mm. 95 qui est la tension maxima de la vapeur d'eau correspondant à 37°5, la température du point considéré.

Mais x est facile à calculer en partant du poids P de vapeur d'eau contenu dans tout l'air du mélange et donné par la formule connue

$$[2] P = V \times \frac{x}{760} \times \frac{1}{1 + 37,5\alpha} \times 0,622 \times 1,293$$

où V est le volume du mélange d'air à la pression 760, à la température 37°5, α le coefficient de dilatation des gaz, 0,622 la densité de la vapeur d'eau, 1,293 le poids de l'unité de volume de l'air, et d'où l'on tire :

$$[3] x = \frac{P \times 760 \times (1 + 37,5\alpha)}{V \times 0,622 \times 1,293}$$

On peut remplacer P et V , dans cette formule par les valeurs suivantes :

$$P = p_1 + p_2$$

C'est-à-dire P est égal au poids p_1 de vapeur d'eau contenu dans la cavité avant l'inspiration, plus le poids p_2 de vapeur d'eau contenu dans l'air inspiré, ces poids pouvant se calculer par la même formule que [2] :

$$[4] p_1 = 2500 \times \frac{47,95}{760} \times \frac{1}{1 + 37,5\alpha} \times 0,622 \times 1,293,$$

$$[5] p_2 = 500 \times \frac{f}{760} \times \frac{1}{1 + \alpha t} \times 0,622 \times 1,293.$$

Quant à V , c'est le volume du mélange à 37°5, sous la pression 760, des 2500 cc. de la capacité pulmonaire,

plus les 500 cc. de l'air courant inspiré et passant, sous la même pression, de la température t à 37,5 :

$$[6] V = 2500 + 500 \frac{1 + 37,5\alpha}{1 + \alpha t}.$$

En portant ces valeurs dans [3], puis dans [1] et réduisant, on arrive à :

$$[7] E = \frac{5}{5 + \frac{1 + 37,5\alpha}{1 + \alpha t}} + \frac{1 + 37,5\alpha}{5(1 + \alpha t) + (1 + 37,5\alpha)} \times \frac{f}{47,95}$$

formule où tout est connu : $\alpha = \frac{1}{273}$, t est la température de l'air inspiré, f la tension de la vapeur d'eau qu'il renferme et qu'on mesure par les moyens ordinaires.

Remarquons que la valeur de E est représentée par une somme et que, pour une même température de l'air inspiré, la première partie reste constante, tandis que la seconde partie varie et peut devenir égale à 0 pour $f = 0$, c'est-à-dire quand l'air inspiré est complètement sec.

En effectuant les calculs pour toutes les températures depuis 5° jusqu'à 40° et pour toutes les tensions depuis $f = 0$ jusqu'à f égale à la tension maxima pour chaque température, on obtient un tableau intéressant dont je ne donnerai que les valeurs principales pour les températures 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40°.

Etat hygrométrique E, quand l'air inspiré est à :

L'état hygrométrique.	La température de :							
	40°	35°	30°	25°	20°	15°	10°	5°
1	saturation	0,978	0,941	0,911	0,888	0,868	0,854	0,841
0,95	saturation	0,970	0,935	0,906	0,884	0,865	0,852	0,839
0,90	saturation	0,963	0,929	0,902	0,881	0,863	0,850	0,838
0,85	0,994	0,953	0,924	0,898	0,878	0,861	0,848	0,837
0,80	0,985	0,948	0,918	0,894	0,875	0,858	0,847	0,836
0,75	0,975	0,941	0,913	0,890	0,872	0,856	0,845	0,835
0,70	0,966	0,934	0,907	0,885	0,869	0,854	0,843	0,833
0,65	0,956	0,926	0,902	0,881	0,865	0,851	0,842	0,832
0,60	0,947	0,919	0,896	0,877	0,862	0,849	0,840	0,831
0,55	0,937	0,912	0,891	0,873	0,859	0,847	0,838	0,830
0,50	0,928	0,905	0,885	0,869	0,856	0,845	0,837	0,829
0,45	0,919	0,897	0,879	0,864	0,853	0,842	0,835	0,827
0,40	0,910	0,890	0,874	0,860	0,850	0,840	0,833	0,826
0,35	0,900	0,883	0,868	0,856	0,847	0,838	0,831	0,825
.....								
0	0,834	0,832	0,830	0,827	0,825	0,822	0,820	0,817

D'après ce tableau, nous voyons que l'état hygrométrique cherché varie avec la température et, pour une même température, avec l'état hygrométrique de l'air inspiré. Mais ce qui frappe et nous intéresse tout de suite c'est que, dans le cas de l'air inspiré sec, l'état hygrométrique résultant est à la limite ou au-dessous de la limite de germination des spores du *Penicillium glaucum*; que, même dans quelques cas d'un air inspiré saturé de vapeur d'eau, cet état hygrométrique est assez rapproché de la limite; il en ressort encore que, entre les cas où $f = 0$ et f est maxima, il y a de nombreuses valeurs pour lesquelles ce même état hygrométrique est voisin de la limite ou même au-dessous.

Ces rapprochements de chiffres prendront encore plus d'importance si, tenant compte de la durée possible du séjour des spores sur la paroi respiratoire, eu égard à

l'expectoration, je dis que des spores de *Penicillium glaucum*, à la température de 36°, 5, demandent plus de 100 heures pour germer dans un air dont l'état hygrométrique est égal à 0,855 et plus de 20 heures si l'état hygrométrique est 0,879.

J'arrête cette discussion parce que je n'envisage ici qu'une partie de la respiration et dans des conditions théoriques qui ne sont pas exactement réalisées dans la nature.

Achevons le mouvement respiratoire entier.

Donc, au moment défini ci-dessus, l'état hygrométrique serait celui que donne le tableau. Ensuite la paroi cède de la vapeur d'eau, l'air s'en charge et son état hygrométrique tend vers 1 sans jamais l'atteindre s'il a pris la température de la paroi, parce que cette paroi est constituée par des cellules qui ont une certaine force osmotique qui, si faible qu'elle puisse être, s'oppose à ce que la vapeur d'eau qui les touche prenne la tension maxima correspondant à leur température. Je ne considère ici que la transpiration pulmonaire normale régie par l'osmose.

Ceci se produit entre une inspiration et l'expiration suivante et pendant cette expiration, c'est-à-dire pendant un temps assez court après lequel nous revenons à notre point de départ pour recommencer une nouvelle série de phénomènes semblables.

Dans cette manière de concevoir la respiration, un point quelconque de la paroi de la cavité ne possède jamais véritablement un état hygrométrique égal à 1.

Ceci nous amène à corriger la formule [4] où 47,95 est trop fort et par conséquent p_1 .

De plus l'état hygrométrique de ce point varierait de cette valeur plus ou moins voisine de 1 selon la durée d'une respiration totale, à la valeur calculée précédemment et cela autant de fois par minute qu'il se fait d'inspirations ou d'expirations dans le même temps. Une spore placée en ce point passerait donc alternativement et suivant le rythme respiratoire par ces états hygrométriques parmi lesquels plusieurs sont inférieurs à l'état hygrométrique limite de la germination. Pourrait-elle germer dans ces conditions? Je n'en sais rien ; mais la recherche expérimentale de la réponse à cette question ne me semble pas inabordable et je me propose de la tenter plus tard.

Quoi qu'il en soit, cette étude théorique indique déjà que dans de nombreux cas et pendant une certaine fraction de la durée d'une respiration totale, les points de la paroi sont à un état hygrométrique au voisinage et même au-dessous de la limite de germination des spores du *Penicillium*. Cela suffit pour provoquer des recherches plus précises par l'expérience.

Laissons donc là cette étude théorique qui ne peut être rigoureuse puisque les vues qui lui servent de base ne sont qu'approchées, car, comme l'indiquent les mesures que je vais donner dans un instant :

1° La température de la paroi n'est pas la même en tous les points de la cavité respiratoire ;

2° L'air des 2500 cc. ne peut pas être saturé de vapeur d'eau à la température de la paroi ;

3^e L'air inspiré ne prend pas immédiatement la température de la paroi ;

4^e Le mélange n'est jamais homogène quant à la teneur en vapeur d'eau.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

En réalité les phénomènes respiratoires sont beaucoup plus complexes qu'on pourrait le croire par l'étude précédente, même au seul point de vue où nous nous plaçons et comme nous le verrons dans ce qui suit.

Pour avoir l'état hygrométrique d'un point quelconque P de la paroi dans la cavité respiratoire, il faut connaître sa température et la tension de la vapeur d'eau dans l'air qui le baigne.

Or, si ce point, en dehors de la bouche et du nez, est à une température peu variable, voisine de $37^{\circ},5$, à l'état normal, il n'en est plus de même pour la tension de la vapeur d'eau parce que l'air se déplace dans un va-et-vient continu et l'atmosphère immédiatement ambiante du point P change à chaque instant et conséquemment la tension de la vapeur d'eau. En effet, dans l'inspiration, cet air vient de l'extérieur et à mesure qu'il chemine plus profondément dans la cavité et qu'il y séjourne plus longtemps, il reçoit de la paroi cavitaire une plus grande quantité de vapeur d'eau qui augmente la tension de cette vapeur ; dans l'expiration, il repasse avec de la vapeur à une tension certainement plus élevée qu'au premier passage.

Pour connaître exactement cette tension il faudrait donc

la mesurer à chaque instant au point P pendant l'inspiration et pendant l'expiration. Ceci me semble difficile à exécuter, il m'a paru plus pratique de chercher les limites entre lesquelles se font ces variations.

Ces limites obtenues suffisent d'ailleurs pour notre étude. Quelles sont-elles ? Si nous admettons que l'air n'est jamais saturé et que la vapeur d'eau ne se condense nulle part dans son parcours de la cavité respiratoire, elles sont données par la tension dans l'air inspiré et par la tension dans l'air expiré.

Mais ceci suppose que l'air n'est jamais saturé dans la cavité ; il faut discuter cette hypothèse et, pour cela, mesurer la température de l'air de cette cavité ou, au moins, les limites entre lesquelles cette température varie. Ces limites sont fournies par la température de l'air inspiré, celle de l'air expiré ou, au maximum 37°5.

Nous avons donc à mesurer :

- 1° la température de $\left\{ \begin{array}{l} \text{l'air inspiré,} \\ \text{l'air expiré ;} \end{array} \right.$
- 2° la tension de la vapeur d'eau dans $\left\{ \begin{array}{l} \text{l'air inspiré,} \\ \text{l'air expiré.} \end{array} \right.$

Pour ce qui concerne l'air inspiré, l'air extérieur, nous savons comment mesurer sa température et la tension de la vapeur d'eau qu'il renferme. Voyons les mesures pour l'air expiré.

Température de l'air expiré. — J'ai mesuré cette température avec un appareil semblable à celui qu'a employé M. Gréhant (1). Il consiste en deux manchons de

1. Gréhant. *Recherches physiques sur la respiration de l'homme.* (Journal de l'Anal. et de la Physiol. normales et path. de l'homme et des animaux, 1864.)

verre de diamètres différents, le plus petit placé dans le plus grand et l'espace compris entre eux se trouvant rempli d'ouate. Le petit manchon est fermé à une extrémité par un bouchon qui maintient un thermomètre très sensible dont le réservoir est à l'intérieur ; l'autre extrémité est fermée par un bouchon percé de plusieurs trous destinés à laisser passer, l'un, un tube de verre par lequel on expire, les autres, l'air expiré dans l'appareil, pour sa sortie. Cet appareil ne donne que la température moyenne de l'air expiré.

Ce que je vais dire ajoute peu de chose à ce qu'a publié M. Gréhan, je ne donne rien de nouveau, aussi me contenterai-je de ne signaler que ce dont je veux tirer parti dans ce travail.

Voici quelques tableaux de mesures faites successivement d'où ressortent nettement les notions que je désire utiliser.

La température prise avec un thermomètre très sensible, le réservoir placé sur la langue, bouche fermée jusqu'à ce que ce thermomètre reste stationnaire a été de 37°2. La température indiquée par le même thermomètre le réservoir maintenu dans une narine avec du coton, a été de 36°5. La température extérieure étant 26°, j'ai, dans une première série de mesures, inspiré par le nez et expiré par la bouche pendant cinq minutes dans l'appareil Gréhan et noté les températures suivantes :

Ensemble de l'expiration normale	36°
1 ^{re} portion de l'expiration normale	34°8
2 ^e portion de l'expiration normale	36°1
Expiration forcée de 2 en 2 mouvements respiratoires.	36°2

Dans une seconde série, chaque opération durant cinq minutes, j'ai inspiré par la bouche, fermant avec la langue le tube d'entrée de l'appareil Gréban, et expiré dans cet appareil :

Ensemble de l'expiration normale	34°5
1 ^{re} portion de l'expiration normale. . . .	33°2
2 ^e portion de l'expiration normale. . . .	34°5
Expiration forcée de 2 en 2 mouvements respiratoires	34°8

Dans une troisième série en inspirant par la bouche et expirant par le nez, j'ai noté :

Ensemble de l'expiration normale	34°5
2 ^e portion — — — —	34°7

Dans une quatrième série, j'ai trouvé :

En inspirant par une narine et expirant par l'autre. .	34°2
En inspirant par la bouche et expirant par le nez . .	34°5

Il ressort de ces mesures, entre autres conclusions, celles-ci :

1° L'air expire par le nez a une température un peu plus basse que l'air expiré par la bouche et d'une manière comparable ;

2° L'air expiré n'atteint pas la température de la paroi que ce soit dans la bouche, que ce soit dans le nez ;

3° Après l'inspiration, l'air paraît se superposer dans la cavité respiratoire en couches dont la température va en augmentant de l'entrée vers la profondeur et universellement à en juger par les renseignements que fournit l'expiration.

Enfin pour terminer cette étude, précisons par des chiffres

fres cette notion prévue et depuis longtemps connue que la température de l'air inspiré modifie la température de l'air expiré. Par exemple, dans l'expiration normale par la bouche après inspiration par le nez, on trouve que l'air expiré a une température de :

34°9, quand l'air inspiré est à 19°.

35°5, quand l'air inspiré est à 25°.

Ces connaissances nous serviront dans ce qui va suivre.

Tension de la vapeur d'eau dans l'air expiré. —

M. Gréhant a voulu déterminer l'état hygrométrique de l'air expiré en employant un appareil basé sur le principe des hygromètres à condensation (1).

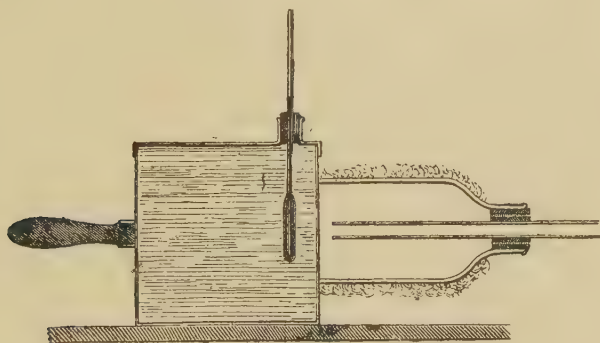


FIG. I.

Soit un cube de Leslie plein d'eau chaude (*fig. 1*), offrant une face argentée et contenant un thermomètre voisin de la paroi brillante; on agite l'eau du cube qui se refroidit peu à peu, en expirant sur la face argentée, il arrive un moment où un dépôt de rosée se forme. L'expiration se fait au moyen d'un tube fixé au centre d'une petite

1. Gréhant. *Physique médicale*, 1861, p. 206.

cloche qui repose sur la face argentée du cube ; ce tube central maintenu par un bouchon percé de trous, se termine à deux centimètres de la face brillante ; la cloche est recouverte d'ouate. Par cette disposition, lorsqu'on inspire par le nez, qu'on expire par le tube, le courant d'air expiré va se répandre sur toute la face du cube et se réfléchit entre le tube et la cloche, pour s'échapper à l'extérieur par le bouchon.

Si le courant d'air refroidit un peu cette surface, le nuage produit sera fugace et disparaîtra aussitôt l'expiration finie ; si la température de l'eau du cube est légèrement inférieure à celle qui correspond à la saturation de l'air expiré par la vapeur d'eau, un nuage se déposera, un nuage persistant. Pour voir ce dépôt de rosée, il n'est pas nécessaire de retirer la cloche qui est bien appliquée sur le cube, il suffit de regarder l'image de l'œil dans le miroir métallique qui est au fond d'une petite chambre noire : l'image est-elle brillante, point de dépôt ; l'image est terne ou n'apparaît pas, un dépôt de rosée plus ou moins abondant est formé.

Pour faire l'expérience on verse dans le cube de l'eau à 38° environ, on introduit le thermomètre ; le cube est placé à la hauteur de la bouche sur un support que l'on agite légèrement. La cloche recouverte d'ouate et d'un papier noir est placée sur la face du cube : on dispose l'appareil contre une fenêtre pour que l'œil soit bien éclairé. On inspire par le nez, la langue ferme l'entrée du tube ; on expire par le tube ; de temps en temps l'œil regarde son image.

La température extérieure étant 22°, à la température

de $35^{\circ},3$ il ne se forme pas de nuage ; mais à $35^{\circ},1$ un nuage faible apparaît, qui devient abondant à 35° . La température de l'air expiré est $35^{\circ},3$.

M. Gréhant conclut de là que l'air expiré est sensiblement saturé de vapeur d'eau à la température qu'il possède.

Ces renseignements sont insuffisants pour mon étude, j'ai donc repris les mêmes recherches en me servant d'abord d'un appareil comparable à celui de M. Gréhant, mais que j'ai dû modifier à plusieurs reprises parce que je me heurtais toujours à une cause d'erreur que l'auteur cité n'a pas relevée et qui, à mon avis, devait cependant se retrouver plus ou moins marquée dans ses expériences. Je veux parler du dépôt de buée qui, quoi que l'on fasse, se produit toujours dans le tube fixé au centre de la petite cloche et par lequel on expire.

Bien que la cloche soit recouverte d'ouate, ce petit tube est le plus souvent, en totalité ou en partie, à une température plus basse que celle de l'air expiré d'où dépôt de buée plus ou moins abondante sur ses parois sitôt qu'on l'entoure avec les lèvres et que l'on expire dedans.

C'est une cause d'erreur que j'ai cherché à supprimer en expirant dans une cavité dont la paroi avait une température plus élevée que $37^{\circ},5$. Je crois avoir réalisé ce programme dans un appareil qui peut paraître plus compliqué que celui de M. Gréhant, mais qui se manie aisément et donne des renseignements faciles à saisir.

Voici sa description rapide. Il comprend (*fig. 2*) :

a. — Un cylindre de cuivre à paroi mince argentée et brunie à l'extérieur, qui représente la paroi brillante sur

laquelle l'apparition d'un nuage perceptible à l'aide d'un miroir convenablement placé, révèle la condensation de la vapeur d'eau; l'un des bouts est complètement clos tandis que l'autre est fermé par un bouchon qui laisse passer deux tubes destinés à renouveler l'eau qui remplit le cylindre et un thermomètre pour mesurer la température de cette eau.

b. — Deux manchons de verre de diamètres différents plus longs et plus larges que le cylindre *a*, réunis hermétiquement entre eux par deux bouchons pour former une cavité annulaire contenant de l'eau que l'on peut renouveler par l'intermédiaire de deux tubes passant par l'un des bouchons et dont on mesure la température par un thermomètre fixé au même bouchon.

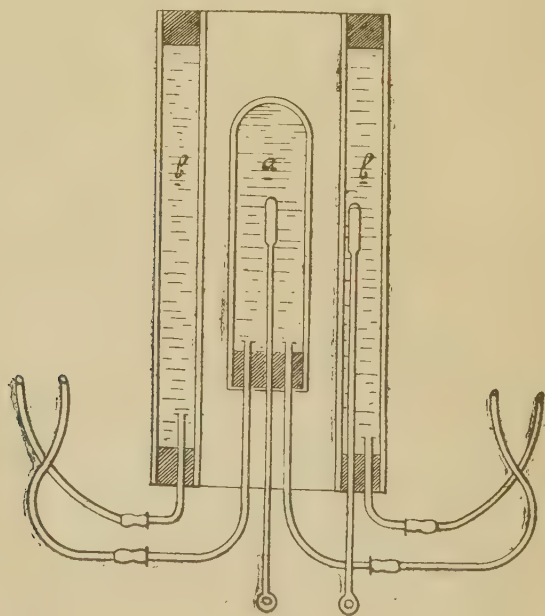


FIG. II.

Le cylindre *a* est maintenu dans la région moyenne de la cavité du petit manchon de verre.

Les deux tubes de *a* et ceux de *b* communiquent isolément, l'un avec une cuve à eau froide, l'autre avec une cuve à eau chaude. Par le jeu de robinets ou de pinces sur les tubes de raccord en caoutchouc et la mise à des niveaux différents des cuves, on peut faire passer de l'eau chaude ou de l'eau froide dans *a* ou dans *b* pour obtenir des températures déterminées et mesurées par les thermomètres.

Les tubes et thermomètres étant placés à une même extrémité de l'ensemble, l'autre extrémité tournée en haut reçoit la bouche ou le nez pour respirer dans l'appareil que l'on tient à la main pour l'agiter et égaliser autant que possible les températures dans chaque cavité, ou que l'on peut fixer à un support à mâchoires.

Enfin un miroir convenablement placé permet de voir par réflexion et au travers de *b*, la formation de la buée sur *a*.

Voici une manœuvre pour achever de faire comprendre l'appareil.

Je suppose que je veuille chercher la tension de la vapeur d'eau dans l'air expiré par la bouche après inspiration par la bouche, en un mot, dans la respiration normale par la bouche.

Tout de suite je mets la cuve chaude à un niveau plus élevé que celui de la cuve froide et j'ouvre les robinets pour amener de l'eau chaude en *b* et élever sa température au-dessus de celle du corps humain, par exemple à 40°. De la sorte la cavité respiratoire se continue dans

l'appareil sans interposition de paroi plus froide que celle de cette cavité ; cela me paraît essentiel pour supprimer la cause d'erreur que j'ai signalée et tenant au tube de l'appareil Gréhaud. Cette température obtenue, je ferme les robinets de communication avec *b*.

J'ouvre ceux de *a* pour y amener la température de 30° ; la bouche appliquée exactement sur l'extrémité libre de l'appareil, j'expire et j'inspire dans cet appareil et je regarde dans le miroir la surface d'abord brillante de *a*. A chaque expiration, je vois le cylindre *a* se couvrir de buée que l'inspiration suivante fait disparaître. Ce phénomène se voit avec beaucoup de netteté. C'est le meilleur moyen de saisir la formation du nuage dû à la condensation si faible qu'il soit. A ce point de vue, l'appareil est d'une extrême sensibilité.

J'élève la température progressivement jusqu'à ce que cette apparition suivie de la disparition de buée cesse et je lis les températures correspondantes.

Tant que la buée apparaît la vapeur d'eau de l'air expiré a une tension plus élevée que la tension maxima correspondant à la température indiquée par le thermomètre de *a*. Quand la buée n'apparaît plus, la tension cherchée est au-dessous de la tension maxima de la température du thermomètre *a*.

Alors j'abaisse le niveau de la cuve chaude au-dessous de celui de la cuve froide pour que de l'eau froide vienne en *a* abaisser sa température.

Continuant la respiration dans l'appareil et lisant les températures, je laisse l'eau froide arriver en *a* jusqu'à ce

que le nuage réapparaisse. En procédant de cette manière on trouve :

1° La température limite au-dessus de laquelle le nuage ne se forme plus ;

2° La température limite au-dessous de laquelle ce nuage réapparaît.

La moyenne entre ces deux températures, si les opérations sont bien faites, est la température qui donne la tension cherchée : celle-ci est égale à la tension maxima correspondant à cette température moyenne ; on la trouve dans les tableaux d'hygrométrie.

Arrivons aux renseignements fournis par cet appareil sur la tension de la vapeur d'eau dans l'air expiré.

Ce qui frappe d'abord dans ces renseignements, c'est ce fait que la tension de la vapeur d'eau n'est pas la même dans toutes les portions de l'air expiré.

Cette remarque en amène une autre d'une importance aussi considérable, c'est que si, avec l'appareil Gréhaud pour mesurer les températures, on ne peut avoir que la moyenne des températures des diverses portions de l'air expiré, avec mon hygromètre, lorsqu'on est à la limite du dépôt de buée, c'est la température correspondant à la plus haute tension parmi les tensions des différentes portions de l'air expiré que l'on inscrit et, finalement, c'est la tension de la couche la plus profonde que l'on obtient sauf une légère modification due au déplacement de cette couche et que je ferai ressortir dans un instant.

Ces remarques étant faites, voici maintenant quelques exemples relevés dans une série de recherches exécutées un jour que la température de l'air extérieur était de

26°,4 et que l'air expiré normalement par la bouche, après inspiration par le nez, avait une température de 35°,7. Air expiré par la bouche dans mon hygromètre où le thermomètre de *a* marquait 33°9 :

- [1] { L'ensemble de l'expiration normale dépose une buée abondante sur tout le cylindre *a*.
La 2^e portion de l'expiration normale dépose une buée abondante sur tout le cylindre *a*.
La 1^{re} portion de l'expiration normale dépose une buée légère sur une partie du cylindre *a* et disparaissant vite ;

Le thermomètre de *a* marquant 34°,2.

- [2] { L'ensemble de l'expiration normale dépose une buée légère sur une partie du cylindre *a*.
L'expiration forcée dépose une buée abondante sur tout le cylindre *a* ;

Le thermomètre de *a* marquant 34°,7.

- [3] { La première portion de l'expiration normale ne dépose pas de buée sur le cylindre *a*.
La deuxième portion de l'expiration normale dépose une buée légère, fugace.
L'expiration forcée dépose une buée abondante sur tout le cylindre *a* ;

Le thermomètre de *a* marquant 35°,5.

- [4] { L'ensemble de l'expiration normale ne dépose pas de buée sur *a*.
L'expiration forcée dépose une buée légère.

Il ressort de cette série d'expériences et de beaucoup d'autres ce que j'ai déjà mis en relief, savoir que l'air

expiré renferme de la vapeur d'eau qui n'a pas la même tension dans toutes ses parties : celle-ci est plus faible dans la première portion que dans la deuxième portion de l'expiration normale, et plus faible dans l'expiration normale que dans l'expiration forcée. On peut donc imaginer cet air comme constitué, après l'inspiration normale, par une superposition de couches dans lesquelles la vapeur d'eau a une tension d'autant plus forte qu'elles sont à une plus grande distance de l'entrée de la cavité respiratoire ou encore cette vapeur a une tension qui augmente de la superficie vers la profondeur et inversement.

De plus, sachant que mon hygromètre ne mesure que la tension la plus haute, celle de la couche la plus profonde, on tire de ces résultats cette conclusion importante que l'air expiré n'est pas saturé de vapeur d'eau à la température qu'il possède.

En effet, prenons et interprétons l'exemple [4]. A $35^{\circ}5$, il n'y a pas de buée dans l'expiration normale dont la température moyenne est $35^{\circ}7$. Cela veut dire que la tension la plus élevée de l'air expiré, c'est-à-dire celle de la couche la plus profonde, est inférieure à la tension maxima correspondant à $35^{\circ}5$; or l'air expiré a une température moyenne de $35^{\circ}7$, c'est-à-dire est constitué par une série de couches dont la moyenne est à la température $35^{\circ}7$, les plus profondes ayant des températures de plus en plus élevées au-dessus de $35^{\circ}7$, les plus superficielles ayant des températures de plus en plus faibles au-dessous de $35^{\circ}7$; par conséquent la couche la plus profonde, qui a une température plus élevée que $35^{\circ}7$ et une tension de

vapeur d'eau plus faible que la tension maxima correspondant à la température 35°5, n'est certainement pas saturé de vapeur d'eau. Il en est certainement encore de même pour quelques couches superficielles à température inférieure à la moyenne, de par les mêmes mesures.

J'irai plus loin, je pense qu'il doit en être de même pour les couches les plus superficielles parce que, si je rappelle que les tensions vont en diminuant de la profondeur vers la périphérie, de même que les températures, rien n'autorise à croire que la diminution des températures se fasse plus rapidement que la diminution des tensions de la vapeur d'eau.

L'exemple (3) est encore plus concluant, car la limite de température où la tension est maxima se trouve indiquée au voisinage de 34°7 par cette mention buée légère, fugace. En tout cas, elle se trouve au-dessous de 35°5 et entre 35°5 et 34°7.

La même conclusion ressort encore mieux de la série suivante.

Les conditions dans lesquelles ont été faites les mesures sont :

Température de l'air extérieur (air inspiré) . . .	20°
Etat hygrométrique du même air	0·846
Température de la bouche, réservoir sur la langue.	37°2
Température de l'air expiré par la bouche . . .	35°2
Température prise dans la narine.	35°9
Température de l'air expiré par le nez	34°

Mesures de la température de α indiquant la tension limite :

[5]	}	Expiration normale par la bouche	34°,5
		Expiration normale par le nez	32°,9

Dans la respiration par la bouche on constate entre la température de la bouche, 37°2, celle de l'air expiré, 35°2 et la température de la tension limite, 34°5 des différences marquées; il en est de même dans la respiration par le nez où l'on note, entre la température de la narine 35°9, celle de l'air expiré 34° et la température de la tension limite 32°9 des différences aussi marquées et de même sens. Ces différences montrent d'une manière frappante que l'air expiré n'a pas la température de la paroi et que cet air n'est pas saturé de vapeur d'eau à la température qu'il possède, ce que je voulais mettre en évidence.

Nous pouvons encore retirer de cette comparaison que pour les tensions limites, de même que pour les températures de l'air expiré, il y a des différences appréciables entre celles de l'air expiré par le nez qui sont plus basses et celles de l'air expiré par la bouche qui sont plus fortes. Ces variations et d'autres que je ne puis m'attarder à signaler ici sont dues à des causes locales qui seraient intéressantes à discuter mais auxquelles je ne puis m'arrêter davantage. Ce qui m'intéresse surtout c'est l'ensemble, la marche générale des phénomènes respiratoires et nous avons des éléments suffisants pour l'établir.

Il est certain, enfin, que la tension de la vapeur d'eau de l'air extérieur (humidité et température de l'air inspiré) doit influencer sur la tension de la vapeur d'eau de l'air expiré comme l'indiquent ou le font pressentir les calculs de l'étude théorique. Je ne fais que le signaler en ce moment pour y revenir dans le chapitre suivant.

IV

DISCUSSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS ACQUIS

Par l'étude expérimentale nous voyons que notre conception théorique est loin d'être exacte. Les 500 cc d'air courant inspirés normalement ne se mélangent pas, quant à la teneur en vapeur d'eau, immédiatement avec l'air de la capacité pulmonaire ; ils ne prennent ni immédiatement ni complètement la température de la paroi respiratoire ; l'ensemble n'est jamais saturé à la température de cette paroi, ni même à la température de l'air, au moins dans certaines régions de la cavité, ce que j'appelle les régions superficielles.

Reprenons donc cette conception sous une autre forme aussi simple que possible.

Appliquons les données fournies par mon hygromètre à la recherche des variations de la tension de la vapeur d'eau en un point déterminé et, la température de la paroi étant considérée égale à $37^{\circ},5$ le plus souvent, étudions les variations de l'état hygrométrique de ce point et dans les régions abordables à nos investigations.

Pour commencer, imaginons la capacité respiratoire avant l'expiration, partagée en trois parties et contenant :

- 1° l'air courant. 500 cc.
- 2° l'air de réserve. 1500 cc.
- 3° l'air résiduel. 1000 cc.

Désignons par A et B les limites de la première partie, A pour l'entrée, B dans la profondeur, et étudions ce qui se passe en A, en B, en AB, et parties voisines aux principaux stades de la respiration et dans la respiration totale.

Avant l'expiration. — Quand l'expiration se produit, elle chasse l'air courant. En le faisant passer dans l'hygromètre on peut mesurer la plus forte tension de la vapeur d'eau qu'il contient. Sachant que la tension va en augmentant de l'entrée A vers la profondeur, nous devrions dire que la tension mesurée est celle de la couche d'air la plus profonde, de celle qui est en B avant l'expiration. Ceci ne serait pas exact.

En effet, l'air inspiré se charge de vapeur d'eau par transpiration de la paroi et par diffusion de cette vapeur d'eau entre les couches profondes qui sont plus près de la saturation et la couche considérée. Or ces deux phénomènes, transpiration et diffusion s'accomplissent avec plus ou moins d'intensité, en subissant peut-être des variations locales comme celles que nous a révélées la comparaison de la respiration par le nez et par la bouche, mais s'accomplissent continuellement, c'est-à-dire à n'importe quel moment de la respiration, par conséquent pendant l'expiration. Il en résulte que la couche partant de B et se déplaçant de B vers A, se chargera encore de vapeur pendant son déplacement de sorte que, arrivée en A, la vapeur d'eau qu'elle renferme n'a plus la tension

qu'elle avait en B au commencement de l'expiration, mais une tension un peu plus élevée ; c'est cette tension un peu plus élevée que mesure l'hygromètre.

Il résulte encore de ce raisonnement que quand je dis que la tension va en augmentant de l'entrée vers la profondeur, il faut entendre la tension des diverses couches superposées dans la cavité, à un moment de repos, et non la tension qu'une même tranche en mouvement peut prendre, attendu que s'il en est ainsi dans l'inspiration et dans ce dernier cas, c'est le contraire qui se produit dans l'expiration et dans ce même cas.

Donc, d'après ces considérations, l'hygromètre mesure une tension un peu plus élevée que celle que possède B avant l'expiration. En est-il toujours ainsi, ne peut-il se présenter des cas où cette mesure est inférieure à la tension dans la couche B avant l'expiration ? C'est une question qui se pose tout naturellement et à laquelle je puis répondre tout de suite avec les résultats que nous connaissons.

Laissant de côté la diffusion qui reste favorable à l'élévation de la tension de la couche B dans son mouvement d'expulsion, il n'y a qu'un cas dans la transpiration où ce que je viens de dire pourrait ne pas se produire ; c'est celui où la paroi, au lieu de céder de la vapeur d'eau, en prendrait à l'air qui la frôle, condenserait de la vapeur d'eau de cet air. Mais ce cas ne peut se réaliser que si la tension de la vapeur d'eau de la couche en mouvement est supérieure à la tension maxima correspondant à la température de la paroi ; or, les mesures que j'ai faites ont montré que cette paroi a toujours une température plus élevée que celle de l'air et que cet air n'est jamais saturé

à la température qu'il possède ; par conséquent la tension de vapeur d'eau de la couche en mouvement est toujours inférieure à la tension maxima correspondant à la température de la paroi. Le cas considéré ne se réalise donc pas dans l'expiration normale et les phénomènes se passent bien comme je l'ai indiqué en dehors de ce cas. C'est encore la réalisation de ce dernier que j'ai cherché à éviter dans mon hygromètre entre A de la cavité respiratoire et le cylindre *a* de cet hygromètre, en maintenant la paroi de *b* à une température de 40° ; au contraire le tube de l'appareil Gréhant le réalisait le plus souvent et, de ce fait, introduisait une cause d'erreur.

En résumé, l'hygromètre donne une tension un peu plus élevée que celle qu'avait la couche B avant l'expiration normale.

Si nous considérons tout l'air compris entre A et B et si nous nous demandons quelle était la tension de la vapeur d'eau d'une portion quelconque de cet air avant l'expiration, nous pouvons répondre sans crainte d'exagérer : c'est, au maximum, la tension indiquée par l'hygromètre dans l'expiration normale.

Ce qui se passe en A et dans les couches superficielles :

— Ceci s'applique à un point quelconque de l'espace AB, en particulier à B et à quelques couches plus profondes au voisinage de B. Quant aux couches plus superficielles, l'expérience nous a montré que la première portion de l'expiration normale a une tension plus faible que la deuxième portion ; cela nous permet de concevoir l'espace AB avant l'expiration comme rempli d'air en couches superposées où la vapeur d'eau a une tension de plus en

plus forte de A vers B ; nous connaissons les limites ; la tension en B que nous donne, au-dessus du maximum, la mesure de l'expiration normale avec mon hygromètre ; la tension limite en A, qui est celle de l'air extérieur.

Par conséquent, avec une approximation dans laquelle les limites comprennent largement les valeurs réelles, on peut dire que les couches superficielles, au repos, avant l'expiration, ont des tensions qui sont comprises entre celle de l'air extérieur et celle que donne l'hygromètre dans l'expiration normale. Quand ces couches sont en mouvement dans l'expiration, chaque point de l'entrée A est frôlé par de l'air où la tension est comprise entre celle qui est donnée par l'hygromètre et celle de l'air extérieur.

Remarquons plus exactement encore que cette tension est celle de l'air extérieur pendant toute l'inspiration et n'atteint la tension de l'hygromètre qu'à la fin de l'expiration seulement.

Il y a, dans cette durée de contact des points A avec de l'air venant de l'extérieur ou venant de l'intérieur, une différence très marquée que l'on retrouve évidemment encore dans les régions superficielles. Il résulte de cette différence que, plus que d'autres, les régions superficielles sont parcourues par de l'air dont la tension de vapeur d'eau est sous la dépendance immédiate de la tension dans l'air extérieur. Voici d'autres considérations qui affirment encore cette manière de voir.

Les facteurs principaux de cette tension sont la diffusion de la vapeur d'eau des régions profondes vers les superficielles, la transpiration de la paroi, la durée du

séjour de l'air dans la cavité, puisque les deux premiers phénomènes ne sont pas instantanés et l'humidité de l'air extérieur; et c'est dans les régions superficielles, celles de AB que ce dernier a son maximum d'effet et les trois autres leur minimum d'influence.

Comme application et pour avoir des nombres à comparer, considérons dans l'exemple [5] une spore de *Penicillium glaucum* placée à l'entrée de A et prenant la température de la paroi 35°9; elle passera, pendant l'expiration, par divers états hygrométriques que nous allons calculer.

L'air extérieur ayant une température de 20°, un état hygrométrique égal à 0,846, on en tire la tension de la vapeur d'eau qui est dans cet air: $f = 0,846 \times \text{tens. max. de } 20^\circ = 0,846 \times 17,4 = 14,72$.

Les deux états hygrométriques limites sont:

$$\frac{\text{tens. max. } 32,9}{\text{tens. max. } 35,9} = \frac{37,19}{43,87} = 0,850;$$

$$\frac{14,72}{\text{tens. max. } 35,9} = \frac{14,72}{43,87} = 0,335.$$

Par conséquent une spore placée à l'entrée de l'appareil respiratoire se serait trouvée dans une atmosphère ambiante dont l'état hygrométrique aurait varié de 0,335 à 0,850, c'est-à-dire dans des conditions où la germination est très compromise sinon impossible.

D'après un cas comparable, mais dans un air extérieur à 26°, où l'état hygrométrique était beaucoup plus bas, au voisinage de 0,40, l'état hygrométrique à la surface de la spore aurait varié de 0,223 à 0,800 et aurait certainement empêché la germination.

Ces exemples montrent l'importance considérable que prend l'humidité de l'air extérieur dans la possibilité de la germination des spores placées dans les régions superficielles où, le plus souvent, elle est impossible parce que l'état hygrométrique est inférieur à 0,84 ou reste au voisinage de cette limite.

Ce qui se passe en B et couches voisines. — Quelle est la tension de la vapeur d'eau de l'air qui est en B après l'expiration normale ?

Elle est égale, au maximum, à la tension mesurée dans l'expiration forcée.

En effet, par l'expiration normale, on amène en AB une portion de l'air de réserve ; cette portion et d'autres couches plus profondes, puisque l'air de réserve mesure 1500 cc., sont rejetées dans l'expiration forcée. En recevant cette expiration forcée dans mon hygromètre, on peut mesurer la tension de vapeur d'eau de l'air de réserve et, par conséquent, de l'air situé en B après l'expiration normale.

On établirait comme je l'ai fait il y a un instant pour l'expiration normale que la mesure obtenue est trop élevée et peut, dès lors, être prise comme maximum sans crainte d'erreur pour ce qui concerne B.

Ces notions nous permettent d'établir ce qui se passe en B et régions voisines supérieures ou inférieures pendant la respiration totale.

Ces régions sont les lieux de va-et-vient d'air où la vapeur d'eau a une tension qui varie au plus entre deux limites qui sont :

La limite supérieure, fournie par l'expiration forcée, la limite inférieure, fournie par l'expiration normale.

Mais la variation réelle se fait entre des limites plus basses ; par conséquent les calculs établis sur les mesures de l'hygromètre donneront un état hygrométrique trop haut encore ; cela prendra de l'importance pour les valeurs voisines ou au-dessous de l'état hygrométrique limité.

Passons maintenant aux chiffres pour retirer les variations de cet état hygrométrique et les comparer à la limite de germination des spores.

Les deux derniers exemples ci-dessus nous montrent déjà que la limite inférieure, 0,850 ou 0,800 peut descendre au voisinage et même au-dessous de cette limite de germination.

Voici une nouvelle observation.

La température de l'air extérieur étant 26°5, l'état hygrométrique 0,396, en inspirant et expirant par le nez dans mon hygromètre, j'ai noté la limite de disparition ou de réapparition de la buée sur le cylindre *a*, elle correspond à la température marquée par le thermomètre de *a* et égale à :

32°6 dans l'expiration normale.

33°4 dans l'expiration forcée.

Les états hygrométriques correspondants des points de la paroi à 37°,5 sont, en B :

$$\frac{\text{tens. max. de } 32,6}{\text{tens. max. de } 37,5} = \frac{36,56}{47,95} = 0,762,$$

$$\frac{\text{tens. max. de } 33,4}{\text{tens. max. de } 37,5} = \frac{38,24}{47,95} = 0,797,$$

Des spores placées en ces points n'auraient pu germer puisque les variations de l'état hygrométrique autour d'elles auraient été comprises entre 0,762 et 0,797, qui sont au-dessous de la limite de germination (0,84 à 0,82).

Voici, pour faire ressortir l'influence marquée de l'humidité de l'air extérieur sur ces phénomènes, une autre observation faite à la même température, mais à un état hygrométrique plus élevé et égal à 0,621. La mesure à l'hygromètre a donné comme limite inférieure 0,810 au lieu de 0,762.

Par cette augmentation de l'état hygrométrique extérieur, on voit la limite inférieure s'élever. L'air extérieur devenant de plus en plus humide, celle-ci atteindrait et dépasserait 0,82 et 0,84, de telle sorte que, dans ces conditions nouvelles, les spores se trouveraient toujours à un état hygrométrique supérieur à la limite de germination et par conséquent, pourraient germer.

On voit, par ces rapprochements, que les variations de l'humidité de l'air inspiré peuvent amener, suivant les cas, à la possibilité ou à l'impossibilité de la germination des spores au voisinage de B.

Ce qui se passe entre A et B. — Connaissant ce qui se passe en A, nous avons des notions suffisantes pour assigner aux points intermédiaires de la cavité respiratoire, au moins les limites correspondant à B et les résultats obtenus pour B. Nous venons de les étudier.

Ce qui se passe au-delà de B. — Quant à ce qui se passe au-delà de B, je ne puis obtenir de renseignements précis qu'en ce qui concerne l'expiration forcée. Cela peut nous renseigner sur la tension de vapeur d'eau dans

l'air de réserve, avant l'expiration, mais ne suffit pas pour discuter ce qui se produit dans le reste de la respiration totale. Dans ces conditions l'étude ne peut se baser que sur des hypothèses.

Résumé. — Mais à nous contenter de ce qui peut se mesurer par mon hygromètre et se discuter assez rigoureusement, nous pouvons formuler quelques conclusions bien assises.

1° Dans les régions superficielles de la cavité respiratoire et dans la région moyenne, jusqu'à une profondeur mal définissable, l'état hygrométrique des points de la paroi est parfois tel que des spores placées en ces points et prenant la température de la paroi, ne peuvent germer uniquement parce que cet état hygrométrique est trop bas.

2° D'autres fois des spores, placées aux mêmes points, peuvent cependant germer parce que cet état hygrométrique, dans certaines conditions que nous venons d'étudier, devient suffisamment élevé.

3° Parmi les causes qui, dans ces régions, peuvent élever ou abaisser suffisamment l'état hygrométrique soit pour permettre, soit pour empêcher la germination des spores, il faut citer en première ligne et comme ayant le plus d'importance, la tension de la vapeur d'eau de l'air extérieur (humidité et température de l'air inspiré).

Remarquons enfin, avant de terminer ce résumé, que les chiffres fournis par notre étude expérimentale, en ce qui concerne les régions explorées, sont bien souvent sinon toujours plus bas que ceux qui sont inscrits dans

le tableau de l'étude théorique, ceci pourrait nous autoriser à utiliser ce tableau dans la discussion comme un ensemble de limites largement au-dessus de la réalité dans beaucoup de circonstances.

RÉPONSES AUX QUESTIONS POSÉES

Avec ce que nous avons appris tout aussi bien dans l'étude théorique que dans l'étude expérimentale, mais particulièrement dans celle-ci cependant, nous pouvons répondre aux questions posées au commencement de cette étude.

1° *La germination des spores est-elle possible dans la cavité respiratoire?* — Nous avons vu, en nous limitant aux régions explorées, c'est-à-dire à tout l'espace occupé par les 500cc de l'air courant et aux régions un peu inférieures à B, et discutant les chiffres, que la germination est possible dans certains cas, impossible dans d'autres, à ne considérer que l'état hygrométrique.

2° *Si la germination est impossible, l'état hygrométrique peut-il en être vraiment la cause?* — Le tableau de l'étude théorique qui donne des nombres trop élevés pour les régions superficielles et certaines régions moyennes de l'appareil respiratoire, montre que dans bien des circonstances l'état hygrométrique passe par des valeurs inférieures à la limite de germination.

L'étude expérimentale a fait ressortir que, dans les mêmes régions, non seulement l'état hygrométrique de

points de la paroi passe par des valeurs inférieures à la limite, mais demeure, dans bien des circonstances, inférieur à cette limite pendant toute la respiration. Dans ces circonstances, l'état hygrométrique seul peut donc être suffisant pour empêcher la germination des spores de *Penicillium glaucum*.

3° Si la germination est possible, peut-il se constituer des mycoses ? — J'ai dit que, à ne considérer que l'état hygrométrique, il est des cas où la germination est possible. En effet, même dans les régions superficielles et moyennes, surtout quand l'air inspiré a une température élevée et un état hygrométrique très fort, les points de la paroi peuvent se maintenir à un état hygrométrique supérieur à la limite dans la cavité respiratoire. Cela se lit encore dans le tableau de l'étude théorique. C'est aussi ce que j'ai fait ressortir en étudiant ce qui se passe en B.

Si la germination est possible dans les régions superficielles, à plus forte raison l'est-elle dans les régions profondes où la tension de la vapeur d'eau est plus considérable et atteint certainement une valeur telle que l'état hygrométrique des points de la paroi est voisin de 1.

La germination est donc possible, peut-il se constituer des mycoses ?

J'ai déjà signalé, en dehors de l'état hygrométrique, les causes que l'on invoque pour répondre négativement à cette question, mais, d'autre part, j'ai des résultats d'expériences qui me permettent de répondre oui.

Nous allons discuter ces résultats.

Rappelons d'abord les raisons que l'on donne pour dire

que ces mycoses ne peuvent se produire dans l'appareil respiratoire.

Les diverses observations de pneumokonioses me permettent d'affirmer que les poussières avec les spores qu'elles peuvent renfermer sont parfois profondément inhalées. Cependant les spores inhalées pénètrent difficilement dans la cavité respiratoire, retenues qu'elles sont par les narines, les fosses nasales etc. Si elles dépassent ces régions pour arriver dans le larynx, la trachée, les cils vibratiles de la paroi les déplacent et tendent à les faire remonter. Enfin et surtout l'expectoration et la toux les expulsent.

Ce sont toutes ces causes mécaniques réunies que l'on invoque pour dire qu'il ne peut y avoir de germination des spores et par conséquent production de mycoses.

Étudions ceci de plus près dans quelques cas bien définis comme ceux dans lesquels se trouvent de nombreuses personnes ayant certains métiers : batteurs de blé, vanneurs, trieurs de chiffons etc. En particulier étudions celui des batteurs de blé que je connais bien pour l'avoir constaté sur moi-même.

Voici des batteurs de blé qui sont toute la journée dans la poussière ; ils expulsent des crachats sales et éprouvent quelquefois une certaine gêne dans la poitrine. Cela montre qu'ils ont inhalé de la poussière avec ce qu'elle contient, souvent des spores ; de plus la gêne indique que la pénétration s'est faite assez profondément. Mais il y a quelque chose de plus intéressant à rappeler, c'est que ces personnes expulsent des crachats sales non seulement le jour même du travail dans la poussière, mais

encore pendant la nuit suivante et le lendemain. Si l'on juge de la durée du séjour des spores dans la cavité par la durée des crachats sales rejetés après le travail, cela prouve que la poussière avec les spores qu'elle peut renfermer, a séjourné plusieurs heures dans la cavité respiratoire, jusqu'à 15 et 20 heures sinon plus.

Or j'ai constaté que, dans de bonnes conditions hygrométriques et à la température de 36°,5, les spores de *Penicillium glaucum* ainsi que celles du *Sterigmatocystis nigra* germent avant 15 heures et que, germées, le mycélium auquel elles donnent naissance se développe assez rapidement.

Dans ce cas l'expectoration et la toux ne comptent plus puisque leur action s'est fait sentir insuffisamment ou vient s'exercer trop tard. Alors la germination des spores et la formation d'une mycose restent uniquement sous la dépendance de l'état hygrométrique : s'il est trop bas, pas de mycose ; s'il est assez élevé, et nous avons vu que cela peut être, une mycose se constitue.

Mais il ne faut pas encore s'en tenir à ces seuls renseignements, il en est d'autres que j'ai déjà donnés et qui prennent ici une importance considérable. C'est que la vitesse de germination et la rapidité du développement du mycélium dépendent de l'état hygrométrique ; elles se ralentissent quand celui-ci diminue. Ainsi, dans mes expériences sur le *Penicillium glaucum* j'ai noté que si, à la température de 36°,5, la germination des spores se fait avant 15 heures et le mycélium se développe assez vite à un état hygrométrique égal à 0,927, cette germination

ne se fait pas avant 20 heures à 0,879 et avant 100 heures à 0,855. Il est vrai que le *Sterigmatocystis nigra* germe plus tôt et que le mycélium se développe plus rapidement à la même température et aux mêmes états hygrométriques.

Il n'en ressort pas moins ceci que la seule considération de l'état hygrométrique limite n'est plus suffisante pour discuter ce cas.

Il faut rechercher la durée exacte du séjour des spores dans la cavité et voir si cette durée est suffisante, non seulement pour que ces spores germent, mais encore pour que le mycélium puisse se développer suffisamment afin de prendre sur la paroi un point de fixation assez solide pour lui permettre de résister quelque temps aux causes mécaniques d'expulsion.

Théoriquement et en ce qui concerne ces batteurs de blé, nous pouvons donc envisager quatre cas intéressants :

1° Les spores ne germent pas, malgré la durée assez longue du séjour sur la paroi de la cavité respiratoire, parce que l'état hygrométrique de cette paroi est au-dessous de la limite de germination.

2° Les spores ne germent pas parce que l'état hygrométrique, bien que supérieur à la limite de germination, est cependant assez faible pour que les spores n'aient pas le temps de germer pendant que l'expectoration les respecte, ne les expulse pas.

3° Les spores germent, mais l'état hygrométrique encore assez bas, ne permet pas un développement suffisamment rapide du mycélium pour qu'il puisse se fixer

sur la paroi, braver l'expectoration et constituer une mycose.

4° L'état hygrométrique est très favorable, les spores germent vite, le mycélium se développe rapidement, prend une base de fixation suffisante pour lui permettre de résister aux causes mécaniques ordinaires d'expulsion et une mycose est constituée.

Ceci se rencontre-t-il réellement dans la nature ? Je crois ces quatre cas très possibles. En particulier, je pense qu'il peut se produire des mycoses du genre de celles dont je viens de donner la pathogénie.

Voici quelques indications qui tendent à confirmer cette opinion.

Rappelons d'abord que les deux champignons étudiés peuvent germer, développer un mycélium abondant et donner des spores nouvelles à la température du corps humain, le *Sterigmatocystis nigra* qui est moins favorisé aux basses températures que le *Penicillium glaucum*, reprend le dessus aux températures voisines de celle du corps auxquelles il germe plus vite et se développe mieux que le *Penicillium*.

En outre, on trouve dans les travaux de M. Rénon :

1° Que des ensemencements répétés de crachats de tuberculeux avérés développèrent des cultures où le *Sterigmatocystis nigra* (*Aspergillus niger*) figura dans une large proportion (1).

2° Que des crachats de malade atteint d'aspergilliose

1. Rénon, *Pseudo-tuberculose aspergillaire*, thèse de médecine de Paris. 1893, p. 24.

donnèrent des cultures où, entre autres microphytes, le *Penicillium glaucum* se retrouva plusieurs fois (1).

Ce n'est pas là l'indication précise que, dans ce cas, il y avait des mycoses constituées par les champignons que j'étudie, mais c'est un appoint considérable en faveur de ces mycoses.

D'autre part Grohe (2), Block (3) et Grawitz (4) ayant injecté dans les veines de chiens ou de lapins des spores de divers champignons montrèrent que le *Penicillium glaucum* pouvait constituer des mycoses et provoquer la mort de ces animaux. Il est vrai que des recherches ultérieures tendent à faire rejeter les conclusions des auteurs que je viens de citer, en ce qui concerne ce *Penicillium glaucum* et à rapporter de plus en plus les affections constatées chez l'homme aussi bien que chez les animaux à l'*Aspergillus fumigatus* principalement. Il suffit, pour s'en rendre compte, de lire l'ouvrage remarquable sur l'Aspergilliose où M. Rénon donne l'état actuel (1897) des pseudo-tuberculoses mycosiques.

En rapprochant ces indications, sans prétendre en rien affirmer ni infirmer ce qui précède, il me semble encore permis jusqu'à preuve bien établie du contraire, de croire

1. Rénon. *Etude sur l'Aspergilliose*, 1897, p. 41 et suiv.

2 Grohe. *Experimente über die Injection der Pilzsporen von Aspergillus glaucus und Penicillium glaucum in dem Blut und den serösen Säcke* (Medicinische Verein zu Greifswald. 1869).

3. Block. *Beitrag zur Kenntniss der Pilzbildung in den Geweben des thierischen Organismus* (Thèse de Stettin, 1870).

4. Grawitz. *Ueber Schimmelvegetationen in thierischen Organismus* (Virchow's Archiv. 1880).

à la possibilité et même à l'existence, dans certaines conditions favorables, de mycoses dues au *Penicillium glaucum* et au *Sterigmatocystis nigra* (*Aspergillus niger*). Il ne faut pas perdre de vue que la question des pseudo-tuberculoses mycosiques est à l'ordre du jour, que malgré le nombre déjà assez considérable d'observations et d'expériences, l'étude n'en est pas épuisée ; par conséquent des faits nouveaux, des aperçus jusqu'alors ignorés peuvent se produire et modifier l'opinion. Témoin ce cas dans lequel s'est trouvé M. Rénon (1) au début de ses recherches pour faire le diagnostic par la méthode des cultures.

Après avoir trouvé, dans les crachats de deux de ses malades, du mycélium et des spores disséminées de champignon, il voulut déterminer ce mycète en cultivant les crachats sur gélose et sur bouillon. Sur 57 cultures, 42 sur gélose et 15 sur bouillon ordinaire, il ne trouva pas une seule fois l'*Aspergillus fumigatus* qu'il cherchait ; en revanche de superbes cultures de staphylocoques et de streptocoques s'étaient développées. A se contenter de ce résultat, la notion de mycose était bien compromise dans ce cas particulier.

Heureusement qu'il eut l'idée de recommencer ses cultures, non plus sur des milieux légèrement alcalins, mais sur des milieux acides favorables au développement des champignons et réfractaires à celui des staphylocoques et des streptocoques. Il employa le liquide de Raulin et obtint, avec les crachats des mêmes malades, des cultures

1. Rénon. *Pseudo-tuberculose aspergillaire*, thèse de médecine de Paris, 1893, p. 19.

où il put déterminer quelques espèces de champignons parmi lesquels l'*Aspergillus fumigatus* se retrouva le plus souvent.

Ce n'est évidemment, dans l'ensemble des recherches de M. Rénon, qu'un simple détail que sa perspicacité a su élucider avantageusement ; mais ce détail montre que suivant que l'on pousse plus ou moins loin l'analyse des faits, on peut arriver, suivant les cas, à des résultats contraires.

Dans un autre ordre de faits, ne puis-je invoquer le présent travail dans lequel je me suis efforcé de faire ressortir la notion d'hygrométrie qu'aucun auteur, à ma connaissance du moins, n'a invoquée jusqu'à présent et dont le point de départ est la notion d'un état hygrométrique limité de la germination des spores du *Penicillium glaucum* ainsi que, dans cette même germination, la prépondérance d'effet de l'état hygrométrique sur la quantité absolue de vapeur d'eau dans l'air humide. Il est vrai que ceci ne concerne que le *Penicillium glaucum* et le *Sterigmatocystis nigra* (*Aspergillus niger*) ; mais ces moisissures sont si voisines de l'*Aspergillus fumigatus* et de l'*Aspergillus glaucus*, ces deux grands coupables reconnus dans la plupart des pseudo-tuberculoses mycosiques, que l'esprit se trouve naturellement porté à les croire tributaires de l'état hygrométrique sinon au même titre que le *Penicillium glaucum*, du moins presque autant que ce *Penicillium*. Je ne le croirai pas sans expériences ; mais je me propose bien d'étendre à plusieurs des moisissures reconnues dans les crachats des malades les recherches que j'ai déjà faites. J'espère d'ailleurs n'être pas seul dans ces recherches, car il me semble

avoir introduit des vues nouvelles et utilisables dans la pathogénie des mycoses.

Donc des mycoses dues au *Penicillium glaucum* et au *Sterigmatocystis nigra* (*Aspergillus niger*) peuvent se produire dans certaines conditions favorables. Bien que les facteurs sous la dépendance desquels la constitution de ces mycoses se trouve soient nombreux, l'étude précédente me permet d'en isoler quelques-uns sur lesquels je désire appeler l'attention.

1° La profondeur à laquelle arrivent les spores inhalées, puisque la tension de la vapeur d'eau dans l'air de la cavité respiratoire va en augmentant avec la profondeur, de même que l'état hygrométrique des points de la paroi.

2° La tension de la vapeur d'eau de l'air inspiré (humidité et température de l'air extérieur), puisque l'état hygrométrique de la paroi des régions superficielles de la cavité respiratoire dépend surtout de cette tension.

3° La durée du séjour des spores sur cette paroi puisque, à égalité de séjour, les spores peuvent germer et constituer une mycose ou ne pas germer du tout, suivant que l'état hygrométrique est fort ou faible, bien que toujours au-dessus de la limite de germination.

Enfin il me paraît probable que, dans les portions superficielles de la cavité respiratoire, des mycoses ne se produisent pas aussi souvent que les inhalations de spores les rendent possibles, parce que, en dehors des causes mécaniques d'expulsion, l'état hygrométrique de la paroi de ces régions est souvent bas comme je crois l'avoir montré au cours de ce mémoire.

Il me reste maintenant à répondre à la dernière question.

4° *S'il se constitue des mycoses, pourquoi ne les a-t-on pas signalées?* — Des cas de mycoses assez nombreux déjà ont été reconnus chez l'homme ; dans certains cas, le champignon pathogène a été nettement déterminé ; dans d'autres, il est resté indéterminé ; aucun n'a été rapporté à mes deux moisissures. Cela tient peut-être à ce que ces moisissures provoquent des affections bénignes qui passent inaperçues.

Peut-être aussi que ces affections primitives devenant plus graves, sont méconnues cependant, parce qu'elles présentent une symptomatologie voisine de celle de la tuberculose avec laquelle les praticiens, peu faits à l'idée des mycoses, les confondent.

Peut-être enfin que ces affections, qu'elles soient primitives ou secondaires, se trouvent associées à d'autres maladies et, dans ce cas, que ces dernières acquièrent un caractère prédominant qui masque ces mycoses.

CONCLUSIONS

Les résultats qui ressortent de cette étude peuvent se ranger en trois catégories : les uns A, concernent la tension de la vapeur d'eau dans l'air expiré ; d'autres B, l'état hygrométrique de divers points de la paroi dans la cavité respiratoire et la possibilité de germination des spores du *Penicillium glaucum* placées en ces points ; les derniers, C, les facteurs qui peuvent influencer cette germination et la constitution d'une mycose sur ces points.

A. — 1° L'air expiré a toujours présenté dans mes recherches une tension de vapeur d'eau inférieure à la tension maxima correspondant à la température qu'il possède ; par conséquent il ne s'est jamais montré complètement saturé de vapeur d'eau.

2° La tension de la vapeur d'eau dans l'air expiré n'est pas la même dans les diverses portions de l'expiration ; si on considère cet air au repos, dans la cavité respiratoire, elle va en augmentant de l'entrée vers la profondeur.

3° Au même point, elle augmente ou diminue sensiblement avec la tension de la vapeur d'eau dans l'air inspiré, ce qui peut encore se traduire de la façon suivante : l'air extérieur ayant un état hygrométrique constant, elle augmente ou diminue avec la température ; ou encore, la température étant constante, elle augmente ou diminue avec l'état hygrométrique.

B. — 1 Si l'on considère un point de la paroi respiratoire dans les régions superficielles où la température est au voisinage de 37°5, l'état hygrométrique de ce point varie avec les causes que je viens d'indiquer.

2° Si, dans des conditions extérieures déterminées, on cherche les limites entre lesquelles varie cet état hygrométrique dans le va-et-vient respiratoire, et si on compare à l'état hygrométrique limite au-dessous duquel la germination des spores du *Penicillium glaucum* ne peuvent plus germer, on constate que ces limites sont : ou toutes deux au-dessous ; ou l'une au-dessous, l'autre au-dessus ; ou enfin toutes deux au-dessus de cette limite de germination, suivant ces conditions extérieures. Il en résulte que des spores placées en ce point y trouveront une germination impossible, douteuse ou assurée, suivant ces mêmes conditions :

2° La condition principale qui influe sur cette germination est la tension de la vapeur d'eau dans l'air inspiré.

C. — Quand la germination des spores peut se faire, une mycose se constitue et se trouve sous la dépendance de plusieurs facteurs dont les principaux sont :

1° La profondeur des points où les spores arrivent et germent.

2° La tension de la vapeur d'eau dans l'air extérieur.

3° La durée du séjour dans la cavité respiratoire des spores et du mycelium auquel la germination donne naissance.

Il ressort encore, de la considération de ces trois facteurs, l'opposition de trois moyens prophylactiques quand l'homme doit séjourner dans la poussière :

- 1° empêcher l'arrivée des spores par l'emploi de masques,
- 2° vivre dans un air sec,
- 3° provoquer l'expectoration.

En même temps que ces conclusions, il est deux points que je voudrais surtout mettre en relief.

C'est, en premier lieu, la notion hygrométrique de la cavité respiratoire que l'on ne trouve nulle part dans l'étude des mycoses de cette cavité. Elle offre cependant une assez grande importance si l'on considère que, d'une part, la germination des spores du *Penicillium glaucum* dans l'air humide dépend plus de l'état hygrométrique que de la quantité absolue de vapeur d'eau dans l'unité de volume de cet air, qu'elle ne se fait plus au-dessous d'un certain état hygrométrique limite définissable et que, d'autre part, il est possible qu'il en soit de même pour les spores des champignons voisins qui, dans des études récentes, ont été signalés comme causes de certaines pseudo-tuberculoses.

C'est, en second lieu, l'utilité de l'hygromètre que j'ai construit pour mesurer les tensions de la vapeur d'eau dans l'air expiré. Il peut servir à des recherches de physiologie et peut-être à la médecine.

En effet, en physiologie, il peut mesurer les variations de la tension de la vapeur d'eau de l'air dans la cavité respiratoire et dans plusieurs circonstances qui n'ont pas été étudiées à ce point de vue.

Par exemple il peut servir à comparer l'état des voies respiratoires chez l'homme :

au repos ou en pleine activité,
avant ou après le repas,
sain ou malade, etc...

En médecine, ne pourrait-il pas aider à faire le diagnostic ou permettre de suivre les modifications des affections où varient soit la température, soit la tension du sang dans l'appareil circulatoire ?

Vu : le président de la thèse,
GARIEL

Vu : le Doyen,
BROUARDEL

Vu et permis d'imprimer :
Le Vice-recteur de l'Académie de Paris,
GRÉARD

